

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 81104332.2

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: **G 02 F 7/00**  
**H 03 K 13/00**

(22) Anmeldetag: 04.06.81

(30) Priorität: 02.07.80 DE 3025073

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
06.01.82 Patentblatt 82/1

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB

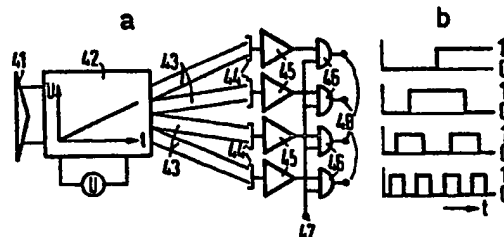
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin  
und München  
Postfach 22 02 61  
D-8000 München 22(DE)

(72) Erfinder: **Keil, Rudolf, Dipl.-Ing.**  
Reschreiterstrasse 12  
D-8000 München 45(DE)

(64) **Schneller elektrooptischer Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler.**

(57) Um bei schnellen elektrooptischen Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandlern eine einfache Herstellung der Elektroden, eine einfache Ankopplung eines Lasers und schließlich eine verlustarme Lichtaufteilung zu ermöglichen, werden ein Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler angegeben, bei denen mehrere planare Bragg-Ablenker nebeneinander angeordnet sind.

**FIG 4**



SIEMENS AKTIENGESellschaft  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA

80 P. 7099 E

5 Schneller elektrooptischer Analog/Digital- bzw. Digital/  
Analog-Wandler

---

Die Erfindung betrifft einen schnellen elektrooptischen  
Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler.

10

An den Schnittstellen zwischen peripheren Geräten und  
Datenverarbeitungsanlagen werden Datenwandler benötigt,  
die analoge Werte in für die Rechner verarbeitbare digi-  
tale Signale umwandeln und umgekehrt. Man verwendet da-  
15 zu Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler. Um auch  
große Datenmengen pro Zeiteinheit verarbeiten zu können,  
werden hohe Anforderungen an die Geschwindigkeit der  
Wandler gestellt.

20 Bei den derzeit handelsüblichen Wandlern wird versucht,  
die Datenmenge aufzuteilen und in vielen langsamen  
Wandlern parallel zu verarbeiten. Dies erfordert zum  
einen eine große Anzahl Wandler und zum anderen eine re-  
lativ komplizierte Logik zur exakten Aufteilung der Da-  
25 ten.

Bei elektronischen N-Bit-Analog/Digital-Wandlern  
(Hoeschele Jr., D.F.: Analog-to-Digital/Digital-to-  
Analog-Conversion Techniques, Wiley, New York 1968)

30 wird ein zeitabhängiger analoger Spannungsverlauf für  
diskrete Zeiten, wobei die Intervalle zwischen zwei auf-  
einanderfolgenden Zeiten jeweils  $\Delta t$  betragen, mittels  
einer Unterteilung der Spannungshöhe in  $(2^N - 1)$  Stufen  
binär codiert. Bei schnellen Wandlereinrichtungen wird  
35 mit einer sample-and-hold-Schaltung nur für Zeiten er-  
faßt und verarbeitet, bei denen das Intervall zwischen  
zwei aufeinanderfolgenden Zeiten  $n \cdot \Delta t$  beträgt, so  
daß  $n$  Wandler parallel geschaltet werden müssen. Je ge-  
My 1 Reu / 23.6.1980

nauer das analoge Spannungssignal verarbeitet werden soll, desto feiner müssen die digitalen Unterteilungsstufen des Analog/Digital-Wandlers ausgelegt werden. Bei elektronischen Wandlern ist für jede Unterteilungsstufe  
5 ein Komparator notwendig, der das analoge Signal mit einer entsprechenden Referenz vergleicht. Ein elektronischer Analog/Digital-Wandler benötigt für die Codierung eines analogen Signals in 4 Bit somit 15 Komparatoren. Dazu kommt noch eine entsprechende Schaltung für  
10 die binäre Codierung der Komparatorausgangssignale.

Mit einem elektrooptischen Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler ist es möglich, die potentiell hohen Geschwindigkeiten von optischen Bauelementen zu nutzen.  
15 Das Grundelement eines elektrooptischen Analog/Digital-Wandlers ist ein elektrooptischer Intensitätsmodulator, dessen Ausgangsintensität sich periodisch mit einer angelegten, linear ansteigenden Spannung ändert. Dies ist analog der periodischen Änderung des Wertes einer Dualstelle bei binärer Codierung. Ein Bauelement, das diese  
20 Eigenschaft besitzt, ist z. B. ein Mach-Zehnder-Modulator (Keil, R.; Auracher, F.: Mach-Zehnder Waveguide Modulators in Ti-Diffused  $\text{LiNbO}_3$ , Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte 9 (1980), 26). Die Lichtausgangsintensität eines Mach-Zehnder-Modulators hängt vom  
25 Phasenunterschied des Lichts in den beiden Interferometerarmen ab, der bei gleicher angelegter Spannung proportional zur Elektrodenlänge ist. Es wurde vorgeschlagen, eine Reihe von integriert-optischen Mach-Zehnder-  
30 Modulatoren parallel aufzubauen, bei denen sich die Elektrodenlänge jeweils verdoppelt (Taylor, H.F.; Taylor, M.J.; Bauer, P.W.: Electro-optic analog-to-digital conversion using channel waveguide modulators, Applied Physics Letters 32 (1978), 559). In Figur 1 sind neben  
35 einem derartigen 4-Bit-Analog/Digital-Wandler die Ausgangsintensitäten als Funktion einer linear ansteigenden Eingangsspannung dargestellt. Detektiert man die

Lichtleistung in Abhängigkeit einer anliegenden Spannung  $U(t)$  in den vier Ausgängen und schaltet jeweils einen Komparator nach, so liegt an den Komparatorausgängen bereits das codierte Signal für  $U(t)$  an.

5

Nachteilhaft bei einem derartigen elektrooptischen Analog/Digital-Wandler sind folgende Schwierigkeiten: Die Justierung der Elektroden in bezug auf die Streifenwellenleiter, die Ankopplung eines Lasers an einen Streifenwellenleiter und schließlich die verlustarme Lichtaufteilung auf die einzelnen Modulatoren bzw. die Modulatorarme.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen schnellen elektrooptischen Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler anzugeben, der die beim Stand der Technik angeführten Nachteile nicht aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mehrere planare Bragg-Ablenker nebeneinander angeordnet sind.

Bei einem schnellen elektrooptischen Analog/Digital-Wandler sind mehrere planare Bragg-Ablenker zur Erzeugung von ebensovielen Strahlpositionen nebeneinander angeordnet.

Ordnet man mehrere Bragg-Ablenker mit unterschiedlichen Gitterkonstanten nebeneinander an und leuchtet sie gleichzeitig aus, so erhält man ebensoviele Strahlpositionen. Die einzelnen Elektrodenstrukturen müssen dabei so geneigt sein, daß das Licht unter dem jeweiligen Bragg-Winkel auf die betreffende Gitterstruktur fällt.

Das einfallende Licht kann durch eine Gitterstruktur in Teillichtstrahlen aufgeteilt werden, wobei diese Teillichtstrahlen dann auf die Bragg-Ablenker treffen. Diese

Gitterstruktur kann z. B. durch Ätzen der Oberfläche oder durch Erzeugen eines Brechzahlgitters hergestellt werden.

- 5 Die unterschiedliche Periodizität der Lichtintensität in den einzelnen Strahlpositionen ist ähnlich wie bei der Anordnung mit Mach-Zehnder-Modulatoren durch entsprechend unterschiedlich lange Ablenkerelektroden realisierbar.

- 10 Der schnelle elektrooptische Wandler kann durch gemeinsame elektrische Ansteuerung von entsprechend ausgebildeten Ablenkern oder durch unterschiedliche elektrische Ansteuerung von entsprechend ausgebildeten Ablenkern  
15 unter Verwendung von Spannungsteilern betrieben werden.

Werden die Elektrodenlängen der Bragg-Ablenker entsprechend bemessen, so wird die Amplitude der angelegten Spannung im Gray-Code verarbeitet.

- 20 Bei einem schnellen elektrooptischen Digital/Analog-Wandler sind die planaren Bragg-Ablenker einzeln ansteuerbar, wobei die einzelnen Bragg-Ablenker zur Fokussierung des Lichts auf einen Detektor unterschiedliche Gitterkonstanten und eine dem jeweiligen Bragg-  
25 Winkel entsprechende Neigung aufweisen.

- An die Bragg-Ablenker kann jeweils eine Dualstelle angeschlossen werden. Entsprechend einem verwendeten binären Code soll mit den einzelnen Bragg-Ablenkern eine  
30 der jeweiligen Dualstelle entsprechende Lichtleistung ablenkbar sein.

- Die jeweilige Aufteilung des abzulenkenden Lichts kann  
35 sowohl durch entsprechend unterschiedliche Fingerzahl der einzelnen Elektroden als auch durch Spannungsteiler erfolgen.

Bevorzugt wird die Umwandlung von BCD-codierten Signalen in eine analoge Lichtintensität.

5 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

10 Figur 1 zeigt einen elektrooptischen 4-Bit-Analog/Digital-Wandler nach dem Stand der Technik mit Mach-Zehnder-Interferometern mit den jeweiligen Lichtausgangsintensitäten bei linear ansteigender Elektrodenspannung.

15 Figur 2 zeigt die durchgehende und die abgelenkte Lichtleistung als Funktion der Elektrodenspannung bei einem elektrooptischen Bragg-Ablenker.

20 Figur 3 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen Analog/Digital-Wandlers mit Bragg-Ablenkern.

Figur 4 zeigt eine Prinzipschaltung eines elektrooptischen 4-Bit-Analog/Digital-Wandlers.

25 Figur 5 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen 4-Bit-Digital/Analog-Wandlers mit Bragg-Ablenkern mit unterschiedlicher Fingerzahl.

30 Figur 6 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen 4-Bit-Digital/Analog-Wandlers mit Bragg-Ablenkern mit Spannungsteilern zur Aufteilung des Lichts.

35 Figur 2 zeigt die durchgehende Lichtleistung 22 und die abgelenkte Lichtleistung 21 eines Bragg-Ablenkens als Funktion der Elektrodenspannung. Planare elektrooptische Bragg-Ablenker (Hammer, J.M.; Phillips, W.: Low-loss

- single-mode optical waveguides and efficient high-speed modulators of  $\text{LiNb}_x\text{Ta}_{1-x}\text{O}_3$  on  $\text{LiTaO}_3$ , Applied Physics Letters 24 (1974), 545) sind Bauelemente, bei denen die Intensität des abgelenkten Lichts ähnlich wie bei einem
- 5 Mach-Zehnder-Modulator periodisch von der angelegten elektrischen Spannung abhängt. Die notwendige Elektrodenspannung  $U_p$  zum Durchlaufen einer Lichtleistungsperiode ist umgekehrt proportional der Elektrodenlänge.
- 10 Figur 3 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen Analog/Digital-Wandlers mit Bragg-Ablenkern. Die Elektrodenlängen sind dabei so gewählt, daß man bei gemeinsamer elektrischer Ansteuerung die gleiche Spannungsabhängigkeit der Lichtintensität wie bei der in Figur
- 15 1 gezeigten Anordnung erhält. Das auf die Elektrodenstruktur 32 auftreffende Licht 31 wird in verschiedene Teilstrahlen 33 abgelenkt.

- Figur 4 zeigt den kompletten Aufbau eines derartigen 4-
- 20 Bit-Analog/Digital-Wandlers. Das einfallende Licht 41 wird im elektrooptischen Wandler 42 durch z. B. eine linear ansteigende Spannung in vier modulierte Lichtstrahlen 43 aufgeteilt. Die einzelnen Lichtintensitäten werden von den Detektoren 44 empfangen, gegebenenfalls
- 25 mittels der Verstärker 45 verstärkt und in jeweils einem Komparator 46 in Rechtecksignale umgewandelt. Das an den vier Komparatorausgängen anliegende Signal ist die im Gray-Code verarbeitete und in 4 Bit dargestellte Größe der elektrischen Spannungsamplitude.

- 30 Figur 5 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen 4-Bit-Digital/Analog-Wandlers mit Bragg-Ablenkern 56,57,58,59 mit unterschiedlicher Fingerzahl. Werden Bragg-Ablenker verwendet, so ist es im Gegensatz zum
- 35 Stand der Technik möglich, sowohl Analog/Digital-Wandler als auch Digital/Analog-Wandler elektrooptisch aufzubauen. Mit einer relativ einfachen Anordnung von Bragg-



- Ablenkern 52 ist es möglich, einen Digital/Analog-Wandler aufzubauen, der BCD-codierte Signale 53 direkt in eine analoge Lichtintensität 55 umwandelt. Die Elektrodenstruktur 52 besteht aus vier einzeln ansteuerbaren Bragg-Ablenkern 56, 57, 58, 59, an denen jeweils eine Dualstelle 5  
angeschlossen wird. Der Bragg-Ablenker 56 weist zwei, der Bragg-Ablenker 57 vier, der Bragg-Ablenker 58 acht und der Bragg-Ablenker 59 sechzehn Elektrodenfinger auf. Lenkt man mit den einzelnen Ablenkern 56, 57, 58, 59 entsprechend der jeweiligen Dualstelle die ein- (mit Ablenker 56), zwei- (mit Ablenker 57), vier- (mit Ablenker 58) bzw. achtfache (mit Ablenker 59) Lichtleistung aus dem einfallenden Licht 51 ab, so entspricht die Summe der abgelenkten Lichtleistung 55 der binär codierten Größe 53. 10  
Mit 54 ist der nichtabgelenkte, durchgehende Anteil des einfallenden Lichts 51 bezeichnet. In Figur 5 ist als Beispiel für eine BCD-codierte Größe 53 das Signal  $U = U_0 \ 0 \ 0 \ 0$  angegeben. 15
- Figur 6 zeigt die Elektrodenanordnung eines elektrooptischen 4-Bit-Digital/Analog-Wandlers mit Bragg-Ablenkern 66, 67, 68, 69 mit Spannungsteilern 601, 602, 603, 604 zur Aufteilung des Lichts 61. Mit dieser Anordnung ist es möglich, einen Digital/Analog-Wandler aufzubauen, der 20  
BCD-codierte Signale direkt in eine analoge Lichtintensität 65 umwandelt. Die Elektrodenstruktur 62 besteht aus vier einzeln ansteuerbaren Bragg-Ablenkern 66, 67, 68, 69, an denen jeweils eine Dualstelle 25  
angeschlossen wird. Die Spannungsteiler 601, 602, 603, 604 sorgen dafür, daß entsprechend der jeweiligen Dualstelle mit dem Bragg-Ablenker 66 die einfache, mit dem Bragg-Ablenker 67 die zweifache, mit dem Bragg-Ablenker 68 die vierfache und mit dem Bragg-Ablenker 69 die achtfache Lichtleistung aus dem einfallenden Licht 61 abgelenkt wird. Die Summe der abgelenkten Lichtleistung 65 entspricht der binär codierten Größe 63. Mit 64 ist der nichtabgelenkte, durchgehende Anteil des einfallenden Lichts 61 bezeichnet. 30  
35

Die Anordnungen nach Fig.5 und Fig.6 können auch kombiniert werden. Der Spannungsteiler 604 kann bei entsprechender Ausbildung der Spannungsteiler 601, 602, 603 auch weggelassen werden.

5

Vorteilhafterweise wird bei elektrooptischen Wandlern ein gepulster (mode-locked) Laser verwendet, so daß die sample-and-hold-Schaltung eingespart werden kann.

14 Patentansprüche

6 Figuren

Patentansprüche

1. Schneller elektrooptischer Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandler, d a d u r c h g e k e n n -  
5 z e i c h n e t , daß mehrere planare Bragg-Ablenker nebeneinander angeordnet sind.
2. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß mehrere planare Bragg-Ablenker zur Erzeugung von ebensoviele  
10 n Strahlpositionen nebeneinander angeordnet sind.
3. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n -  
15 z e i c h n e t , daß die Bragg-Ablenker unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen und so geneigt sind, daß das Licht unter dem jeweiligen Braggwinkel auf die betreffende Gitterstruktur einfällt.
- 20 4. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler nach einem der Ansprüche 2 oder 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das einfallende Licht durch eine Gitterstruktur in Teillichtstrahlen aufgeteilt wird, wobei diese Teillichtstrahlen dann auf die  
25 Bragg-Ablenker treffen.
5. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler nach einem der Ansprüche 2 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die unterschiedliche  
30 Periodizität der Lichtintensität in den einzelnen Strahlpositionen durch entsprechend unterschiedlich lange Ablenkerelektroden realisiert ist.
6. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler  
35 nach einem der Ansprüche 2 bis 5, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h gemeinsame elektrische Ansteuerung der Ablenker.

7. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler  
nach einem der Ansprüche 2 bis 5, g e k e n n -  
z e i c h n e t d u r c h unterschiedliche elektri-  
sche Ansteuerung der Ablenker unter Verwendung von Span-  
5 nungsteilern.

8. Schneller elektrooptischer Analog/Digital-Wandler  
nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß die Elektrodenlängen so bemessen  
10 sind, daß die Amplitude der angelegten Spannung im Gray-  
Code verarbeitet wird.

9. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler  
nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
15 z e i c h n e t , daß die planaren Bragg-Ablenker ein-  
zeln ansteuerbar sind, wobei die einzelnen Bragg-Ablen-  
ker zur Fokussierung des Lichts auf einen Detektor un-  
terschiedliche Gitterkonstanten und eine dem jeweiligen  
Braggwinkel entsprechende Neigung aufweisen.

20 10. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler  
nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß an den Bragg-Ablenkern jeweils  
eine Dualstelle angeschlossen wird.

25 11. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler  
nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß entsprechend einem verwendeten  
binären Code mit den einzelnen Bragg-Ablenkern eine der  
30 jeweiligen Dualstelle entsprechende Lichtleistung ab-  
lenkbar ist.

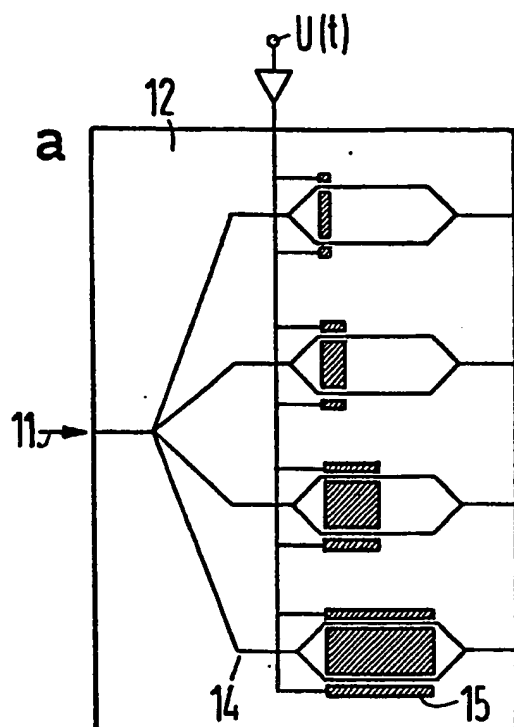
12. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler  
nach einem der Ansprüche 9 bis 11, g e k e n n -  
35 z e i c h n e t d u r c h unterschiedliche Finger-  
zahl der einzelnen Bragg-Ablenker zur Aufteilung des  
Lichts.

13. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler nach einem der Ansprüche 9 bis 12, g e k e n n - z e i c h n e t d u r c h Spannungsteiler zur Aufteilung des Lichts.

5

14. Schneller elektrooptischer Digital/Analog-Wandler nach Anspruch 12 oder 13, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Umwandlung BCD-codierter Signale in eine analoge Lichtintensität.

FIG 1



1/4

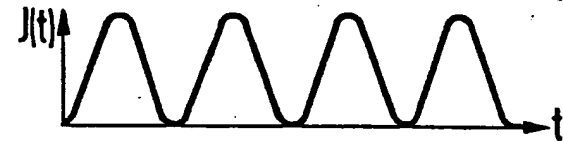
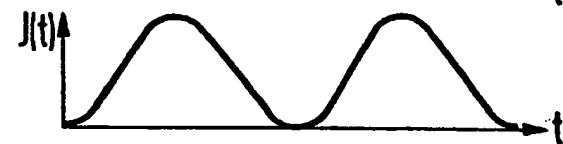
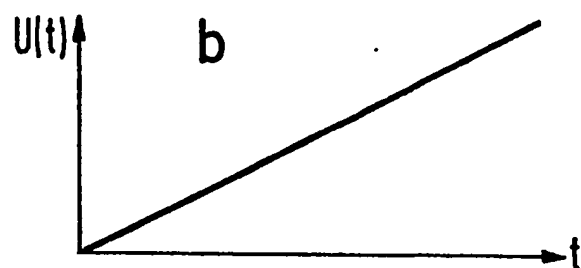
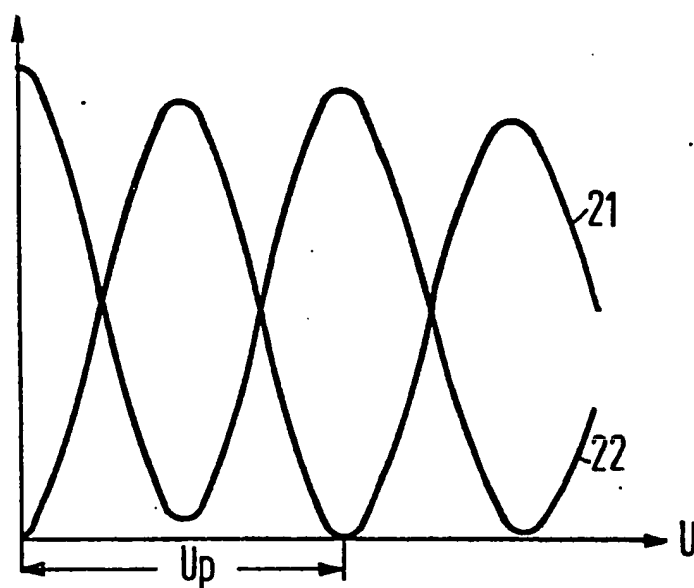


FIG 2



2/4

FIG 3

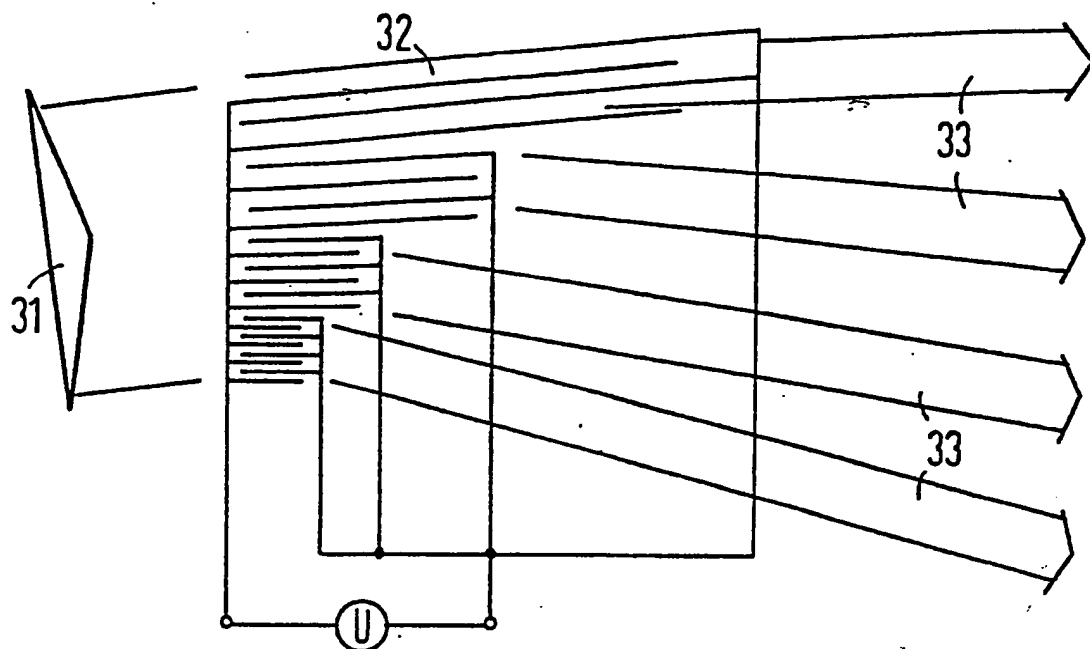
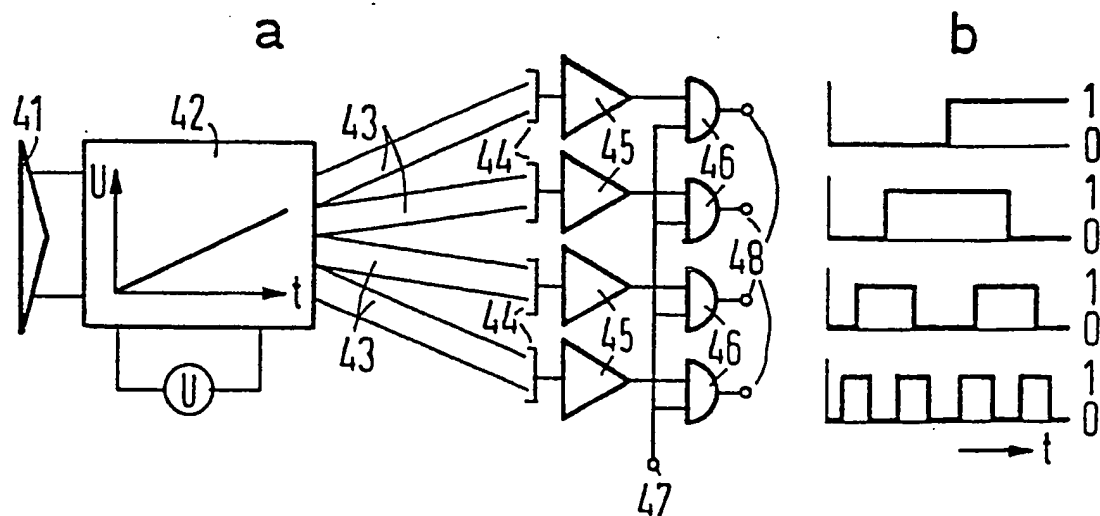
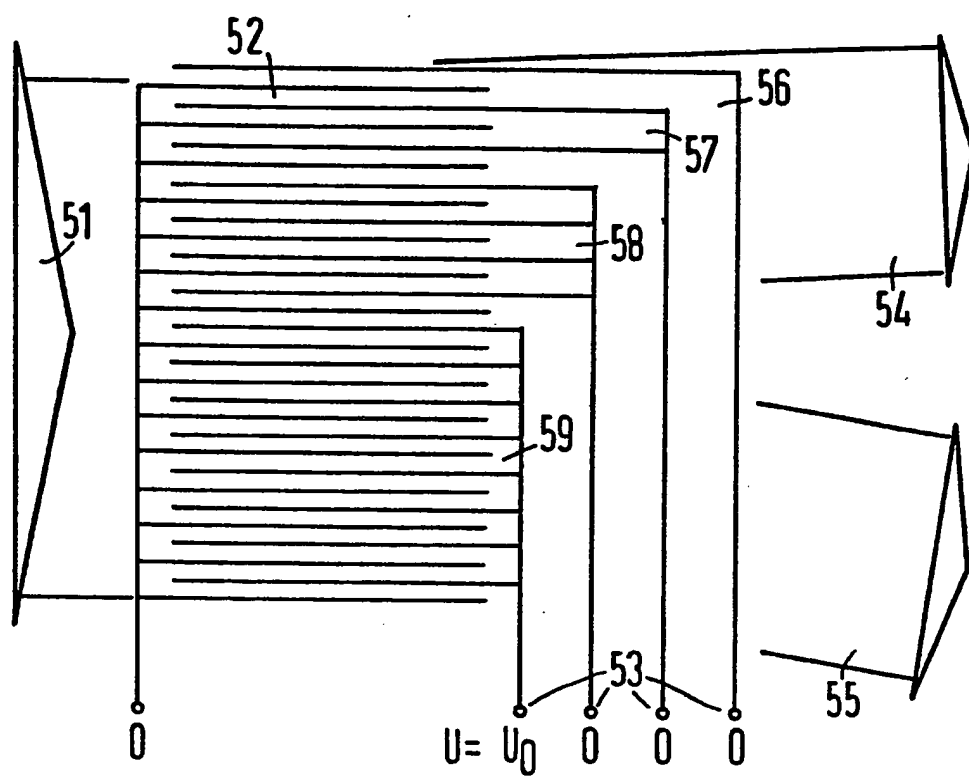


FIG 4



3/4

FIG 5





4/4

FIG 6

